



INFORME DEL MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

PARTÍCULAS MENORES DE DIEZ MICRÓMETROS (PM_{10}) Y CONCENTRACIONES DE NO_2, SO_2 Y CO

PROYECTO "MINA DE COBRE PANAMÁ"

PREPARADO PARA MINERA PANAMÁ, S.A.





ABRIL, 2015

Informe del Monitoreo de Calidad de Aire

(Partículas Menores de Diez Micrómetros (PM_{10}) y

Concentraciones de NO_2, SO_2 y CO)

Proyecto

“Mina de Cobre Panamá”

Preparado para:



Elaborado por:



Abril, 2015

	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Responsable	Control de calidad	Gerencia
Idoneidad DIPROCA-AA-003-2012	Venicia Cerrud AG-0141-2013	Roy Quintero DIPROCA-AA-031-2013	Karina Guillén

Índice

2.2.1. INTRODUCCIÓN 4
2.2.2. OBJETIVO GENERAL 5
2.2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
2.2.4. ASPECTO METODOLÓGICO 5
2.2.4.1. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS Y DATOS DE LAS MEDICIONES 7
2.2.5. RESULTADOS 8
2.2.5.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS 8
2.2.5.2 PARTÍCULAS MENORES A DIEZ MICRÓMETROS (PM_{10}) 8
2.2.5.3. EMISIONES GASEOSAS (NO_2, SO_2 Y CO) 11
2.2.6. DISCUSIÓN 15
2.2.6.1 PARTÍCULAS MENORES A DIEZ MICRÓMETROS (PM_{10}) 15
2.2.6.2. EMISIONES GASEOSAS (NO2, SO2 Y CO) 21
2.2.7. CONCLUSIÓN 25
2.2.8. RECOMENDACIONES 25
2.2.9. BIBLIOGRAFÍA 25
ANEXOS 27
ANEXO 2.2.1 DATA GENERADA POR EL EQUIPO DE MEDICIÓN 28
ANEXO 2.2.2 EXTRACTO DE LA NORMA PARA CALIDAD DE AIRE EN PANAMÁ 37
ANEXO 2.2.3 CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN 39
ANEXO 2.2.4 CADENAS DE CUSTODIA 42

2.2.1. INTRODUCCIÓN

Los contaminantes del aire son sustancias que, cuando están presentes en la atmósfera, afectan de manera adversa la salud de los humanos, animales y plantas o vida microbiana; dañan materiales o interfieren con el disfrute de la vida (Henry y Heinke 1999).

Las partículas totales en suspensión (PTS) y las partículas menores a diez micrómetros (PM_{10}), pueden ser consideradas contaminantes del ambiente, lo cual está definido como todo agente físico, químico o biológico, capaz de alterar las condiciones del ambiente en el centro de trabajo, y que por su naturaleza, propiedades, concentración y tiempo de exposición, pueden alterar la salud de los trabajadores. Los efectos en la salud humana por exposición a material particulado, NO_2, SO_2 y CO, incluyen afectaciones en el sistema respiratorio y cardiovascular principalmente (Henry y Heinke 1999).

Las principales fuentes de contaminación del aire son el transporte, la quema de combustibles, los procesos industriales y la eliminación de residuos sólidos. El NO_2 y SO_2 son considerados productos derivados de los procesos de combustión y se suelen encontrar en la atmósfera íntimamente asociados con otros contaminantes primarios como las partículas ultrafinas. Por su parte, el CO está relacionado con una combustión ineficiente en las fuentes relacionadas con el transporte (OMS 2005).

Este documento corresponde al Décimo Segundo Informe de Monitoreo de Calidad de Aire que se realizó en las áreas donde se desarrollan actividades del Proyecto "Mina de Cobre Panamá", específicamente en el Túnel de Decantación (Decant Tunnel), la Plataforma de Trituración-Mina, Cantera Botija, Planta de Generación Eléctrica, Rompeolas y Plataforma de Trituración-Puerto.

2.2.2. OBJETIVO GENERAL

Medir los niveles de PM_{10}, NO_2, SO_2 y CO a los que están expuestos los trabajadores del Proyecto "Mina de Cobre Panamá".

2.2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las actividades generadoras de partículas y emisiones durante los trabajos de construcción del Proyecto.
- Medir los niveles PM_{10}, NO_2, SO_2 y CO en el área del Proyecto.
- Analizar los resultados de las mediciones.
- Comparar los resultados de los monitoreos con los niveles máximos permisibles que establece la norma de referencia.

2.2.4. ASPECTO METODOLÓGICO

Dentro del Proyecto "Mina de Cobre Panamá", se realizaron inspecciones en las áreas donde se desarrollaban los trabajos de movimiento de tierra, trituración y tránsito de equipo pesado y vehículos livianos específicamente en las áreas del Túnel de Decantación (Decant Tunnel), Plataforma de Trituración-Mina, Cantera Botija, Planta de Generación Eléctrica, Rompeolas y Plataforma de Trituración-Puerto.

Partículas menores a diez micrómetros (PM_{10})

Para medir la concentración de partículas menores a diez micrómetros (PM_{10}) se realizaron los siguientes pasos:

- Se establecieron los puntos de monitoreo para realizar la toma de datos, considerando la cercanía a la fuente o las actividades generadoras de partículas.
- Desarrollo de los monitoreos por un periodo de 1 hora.

Para los monitoreos de PM_{10} se utilizó el Microdust Pro (marca Casella) calibrado con un adaptador para el filtro de espuma de poliuretano (filtro para PM_{10}); y colocado dentro del Dust Detective (caja de muestreo de aire). Éste sistema incorpora una bomba de succión[1] Apex para llevar el aire de muestra a través del tubo de entrada. El cabezal de entrada se ha diseñado para impedir la entrada de insectos u otros agentes extraños grandes.

Se proporciona un tapón de polvo para sellar el puerto de entrada en la tapa de la caja, siempre que el tubo de entrada se desmonte por motivos de tránsito (ver certificado de calibración en el anexo 2.2.2).

Para el monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) en ambientes laborales, se utilizó como referencia, la metodología establecida en la Norma NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), específicamente el método NIOSH 0600.

Emisiones de NO_2, SO_2 y CO

Para obtener la concentración de las emisiones de NO_2, SO_2 y CO, se realizaron los siguientes pasos:

- Se establecieron los puntos para realizar la toma de datos, considerando la cercanía de la fuente o actividad generadora de emisiones.
- Desarrollo de los monitoreos para determinar la concentración de NO_2, SO_2 y CO por espacio de 1 hora para cada punto de monitoreo.

Para los monitoreos de NO_2, SO_2 y CO se utilizó el AreaRae[2]/ Multiple Gas (PGM5020), el cual detecta gases a través de sensores electroquímicos, y para los compuestos orgánicos volátiles utiliza una lámpara PID[3]. El mismo se preparó para hacer las mediciones, intercambiando los sensores de gases, a fin de conocer los niveles de estas emisiones en el área del Proyecto.

---

[1] Bomba de succión: Bomba portátil de muestreo de aire. Rango de caudal 2.5 ml/min.
[2] AreaRae: multigas con monitor inalámbrico
[3] PID: lámparas detectoras de fotoionización

Para obtener la concentración de las emisiones de NO_2, SO_2 y CO, se utilizó como referencia la metodología establecida en la norma Enviromental Protección Agency (EPA) Performance Test Methods, en este caso los Reference Methods 6, 7 and 8.

Los monitoreos de calidad de aire en ambientes laborales, se realizaron en aquellas áreas donde se realizaba movimiento de tierra. Los resultados obtenidos se comparan con los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI[4]-COPANIT[5] 43-2001 (CPT: 5 mg/m^3 para 8 horas de exposición y CCT: 10 mg/m^3 para una exposición a corto tiempo).

2.2.4.1. Especificaciones de los equipos y datos de las mediciones

En la tabla 2.2.1 se presenta la información general de los equipos que se utilizaron para los monitoreos.

Tabla 2.2.1. Descripción de los equipos de monitoreo de partículas y emisiones gaseosas y datos de las mediciones

Información Técnica		
Equipo empleado	Microdust Pro-Casella (PM_{10})	AREA RAE/ MULTIPLE GAS
Serie	2411086	292-503747
Fecha de la última calibración	3 de noviembre de 2014	26 de septiembre de 2014
Normas aplicadas	Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001. $PM_{10=}$ (CCT[6]: 10 mg/m^3) CO= 50 ppm; NO_2= 5 ppm; SO_2 = 5 ppm	
Días de las mediciones	15-17 y 28 de abril del 2015	
Nombres de los técnicos	Venicia Cerrud y Roy Quintero	

Fuente: Especificaciones de los equipos técnicos y data de trabajo de campo. CODESA, 2015 (ver los certificados de calibración en el anexo 2.2.2).

[4] DGNTI: Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.
[5]COPANIT: Comisión Panameña de Normas Industriales y Tecnología.
[6] CCT: Concentración para exposición a corto tiempo. En el cual no debe ser excedido de 15 min, hasta 4 veces por jornada y con períodos de falta de exposición, al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas.

2.2.5. RESULTADOS

2.2.5.1 Condiciones Climáticas

En la tabla 2.2.2 se muestran los datos de los parámetros de las condiciones climáticas que se presentaron durante las mediciones efectuadas de PM_{10} y emisiones gaseosas, en las diferentes áreas del Proyecto (ver anexo 2.2.3. Cadenas de Custodia).

Tabla 2.2.2. Condiciones Climáticas durante las mediciones

Área	Parámetros				
	Humedad Relativa	Velocidad del Viento	Temperatura	Estado del Tiempo	Época
Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	76.7%	6.3 Km/h	27.3ºC	Nublado	Lluviosa
Plataforma de Trituración-Mina	86 %	0 Km/h	25.3ºC	Lluvioso	Lluviosa
Cantera Botija	85%	0.8 Km/h	24.0ºC	Lluvioso	Lluviosa
Rompeolas	82.2%	0 Km/h	27ºC	Soleado	Lluviosa
Planta de Generación Eléctrica	75.3%	0 Km/h	20ºC	Soleado	Lluviosa
Plataforma de Trituración-Puerto	60.9%	2.3 Km/h	33.8°C	Soleado	Lluviosa

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2015.

2.2.5.2 Partículas menores a diez micrómetros (PM_{10})

En la tabla 2.2.3 se muestran los datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto (ver anexo 2.2.1. Data generada por los equipos de medición).

Tabla 2.2.3. Datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto

Área	Hora y fecha	Coordenadas	Parámetro	Área de exposición
Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	3:00 p.m. (15-4-15)	983241 N/ 535040 E	PM_{10}	Movimiento de tierra
Plataforma de Trituración-Mina	9:04 a.m. (16-4-15)	978218 N/ 539583 E	PM_{10}	Trituración de Piedras
Cantera Botija	1:57 p.m. (16-4-15)	977508 N/ 538674 E	PM_{10}	Trituración de Piedras
Rompeolas	8:21 a.m. (17-4-15)	996871 N/ 533655 E	PM_{10}	Movimiento de tierra
Planta de Generación Eléctrica	9:57 a.m. (17-4-15)	996554 N/ 534223 E	PM_{10}	Movimiento de tierra

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2015.

En la tabla 2.2.4 y gráfica 2.2.1 se presenta la comparación entre los resultados de los monitoreos realizados en las diferentes áreas donde se efectuaban trabajos de movimiento de tierra y trituración; los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001, para la exposición a partículas en jornadas de 1 hora (CCT: 10 mg/m^3 para una exposición a corto tiempo).

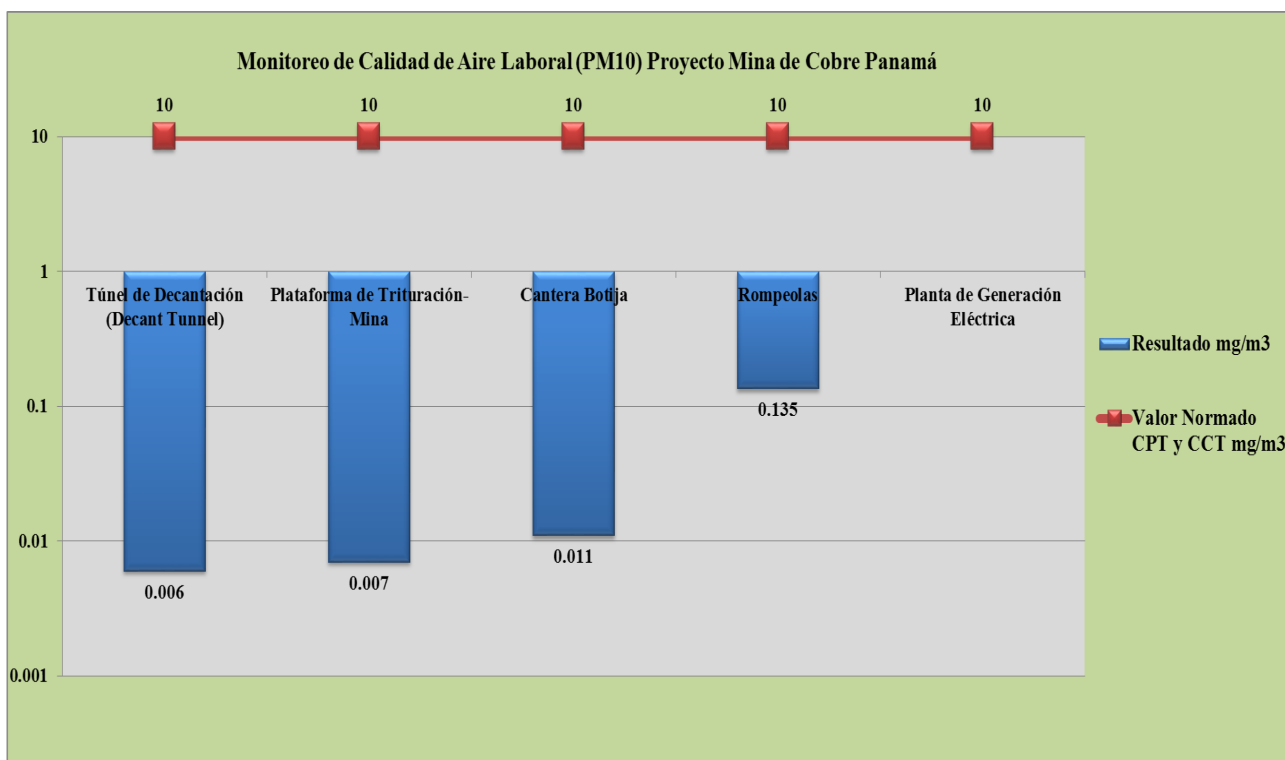
Tabla 2.2.4. Comparación entre los resultados del monitoreo de PM_{10} y el límite permisible que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001

Área	Parámetro	Horas muestreadas	Resultado mg/m^3	Norma Nacional[7] (CCT mg/m^3[(8)])
Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	**PM_{10}**	1 hora	0.006	10
Plataforma de Trituración-Mina	**PM_{10}**	1 hora	0.007	10
Cantera Botija	**PM_{10}**	1 hora	0.011	10
Rompeolas	**PM_{10}**	1 hora	0.135	10
Planta de Generación Eléctrica	**PM_{10}**	1 hora	N.D	10

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2015.
N.D.: No Detectable (Niveles medidos inferiores al límite mínimo de detección del equipo utilizado).

[7] Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001
[8] mg/m^3 miligramos aproximados de partículas por metro cúbico.

Gráfica 2.2.1. Resultados de las mediciones de PM_{10} en comparación con el valor normado



Fuente: CODESA, 2015.

2.2.5.3. Emisiones Gaseosas (NO_2, SO_2 y CO)

En la tabla 2.2.5 se muestran los datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto (ver anexo 2.2.1. Data generada por los equipos de medición).

Tabla 2.2.5. Datos de las mediciones efectuadas en las diferentes áreas del Proyecto

Área	Hora y fecha	Coordenadas	Parámetro	Área de exposición
Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	3:00 p.m. (15-4-15)	983241 N/ 535040 E	NO_2, SO_2 y CO	Movimiento de tierra
Plataforma de Trituración-Mina	9:04 a.m. (16-4-15)	978218 N/ 539583 E	NO_2, SO_2 y CO	Trituración de piedras
Plataforma de Trituración-Puerto	12:31 p.m. (28-4-15)	995941 N/ 533848 E	NO_2, SO_2 y CO	Trituración de piedras
Sitio Planta (Plant Site)	3:35 p.m. (28-4-15)	978884 N/ 539315 E	NO_2, SO_2 y CO	Movimiento de tierra
Planta de Generación Eléctrica	9:32 a.m. (28-4-15)	996859 N/ 533793 E	NO_2, SO_2 y CO	Movimiento de tierra

Fuente: Trabajo de campo. CODESA, 2015.

En la tabla 2.2.6 se presentan los resultados de los monitoreos de emisiones gaseosas (CO, SO_2 y NO_2) que se realizaron en el área del Proyecto. En el anexo 2.2.1 se presentan los datos generados por los equipos de medición.

Tabla 2.2.6. Resultados obtenidos del monitoreo de emisiones gaseosas

Parámetro	Unidad	Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	Plataforma de Trituración -Mina	Plataforma de Trituración -Puerto	Sitio Planta (Plant Site)	Planta de Generación Eléctrica
CO	**ppm**	N.D	N.D	1.4	0.1	0.1
SO_2	**ppm**	N.D	N.D	N.D	0.1	0.1
NO_2	**ppm**	N.D	0.1	N.D	N.D	N.D

Fuente: Datos de campo. CODESA, 2015.
N.D.: No Detectable (Niveles medidos inferiores al límite mínimo de detección del equipo utilizado).
ppm: parte de vapor o gramos, por millón de parte de aire contaminado para volumen de 25°C y 760 mg de presión.

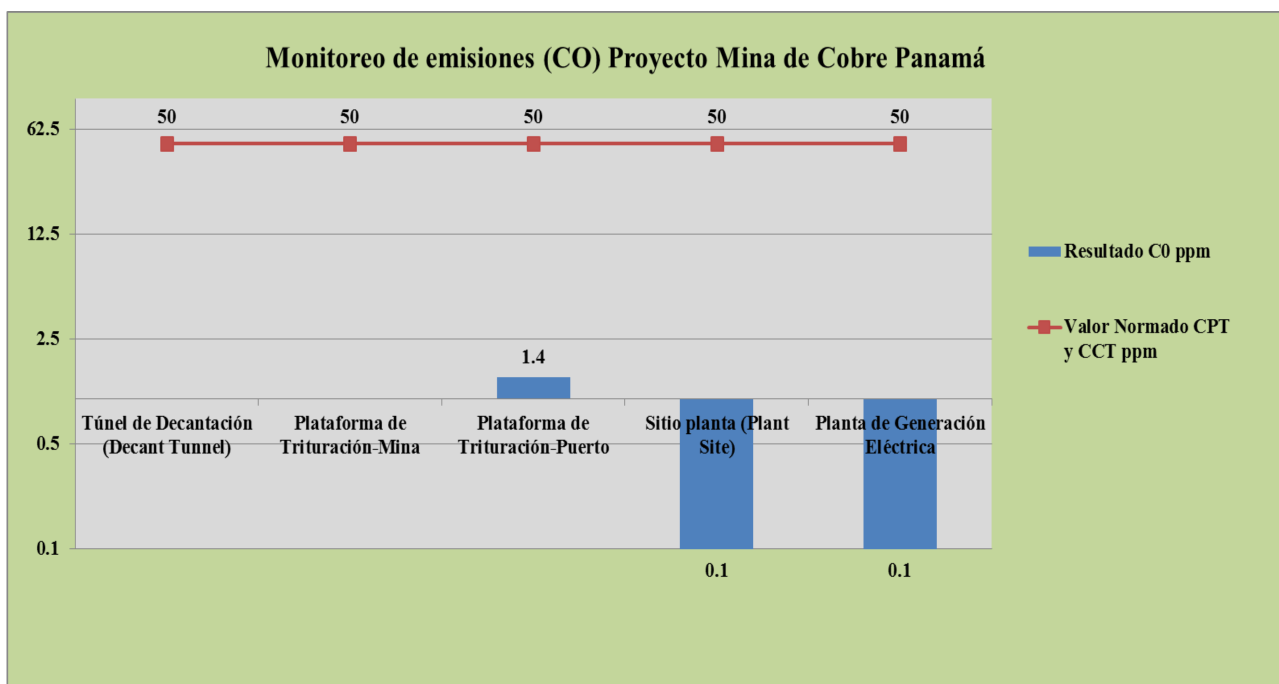
La tabla 2.2.7 y las gráficas 2.2.2, 2.2.3 y 2.2.4 presentan la comparación de los datos que se obtuvieron en los monitoreos de emisiones gaseosas realizados en las diferentes áreas del Proyecto y los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.

Tabla 2.2.7. Comparación entre los resultados de emisiones gaseosas y los límites máximos permisibles que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.

Parámetro	Unidad	Túnel de Decantación (Decant Tunnel)	Plataforma de Trituración -Mina	Plataforma de Trituración -Puerto	Sitio planta (Plant Site)	Planta de Generación Eléctrica	Norma Nacional
CO	**ppm**	N.D	N.D	1.4	0.1	0.1	50
SO_2	**ppm**	N.D	N.D	N.D	0.1	0.1	5
NO_2	**ppm**	N.D	0.1	N.D	N.D	N.D	5

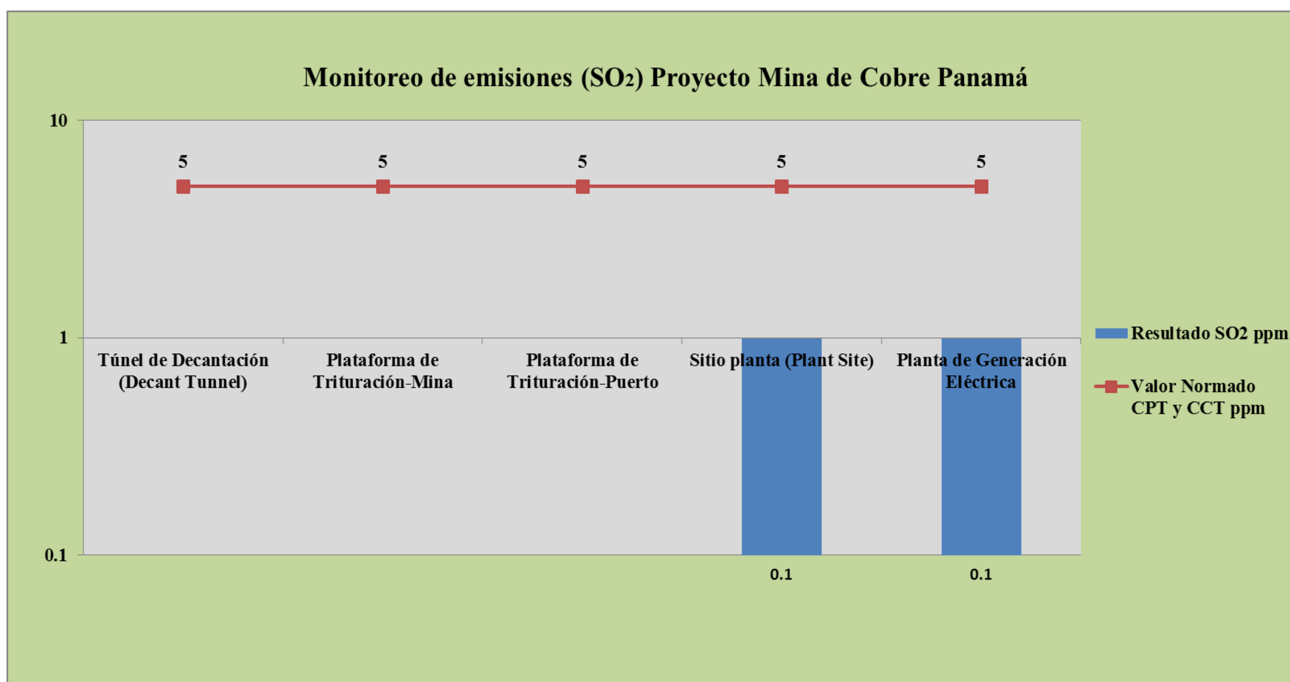
Fuente: Datos de campo. CODESA, 2015.
N.D.: No Detectable (Niveles medidos inferiores al límite mínimo de detección del equipo utilizado).
ppm: parte de vapor o gramos, por millón de parte de aire contaminado para volumen de 25°C y 760 mgs de presión.
Norma Nacional: Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.

Gráfica 2.2.2. Resultados de las emisiones de CO en comparación con el valor normado



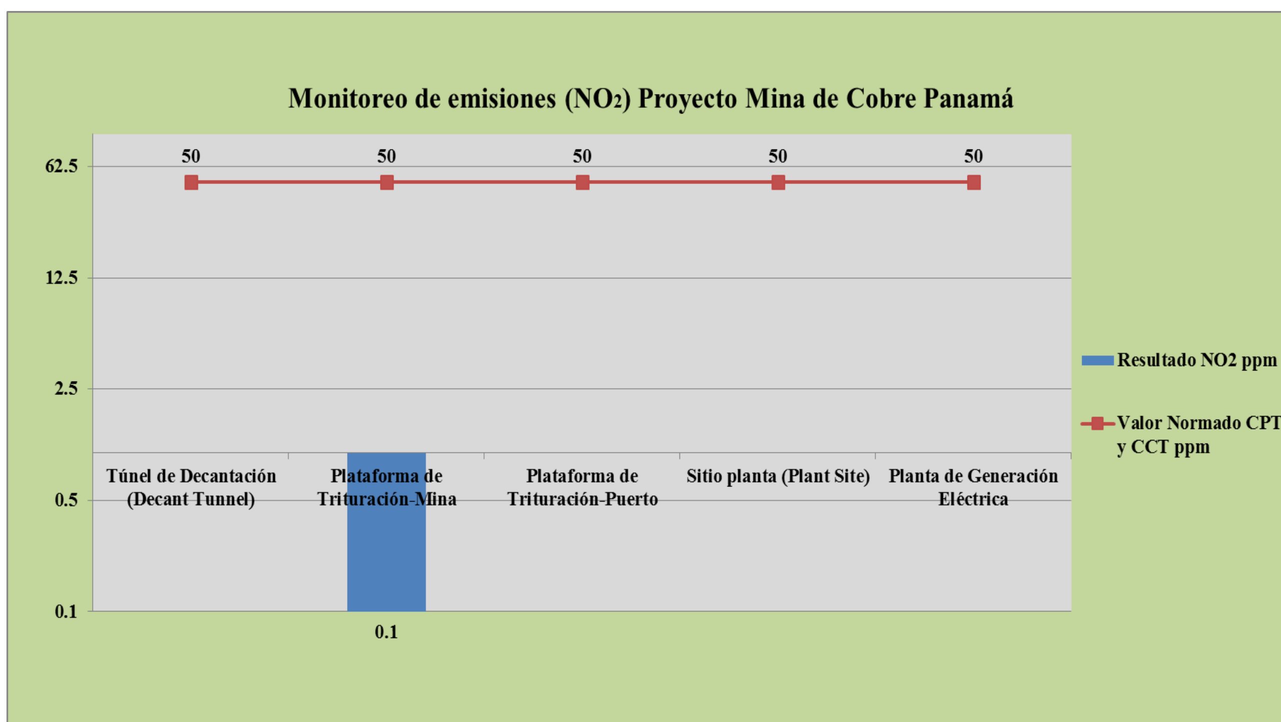
Fuente: CODESA, 2015.

Gráfica 2.2.3. Resultados de las emisiones de SO_2 en comparación con el valor normado



Fuente: CODESA, 2015.

Gráfica 2.2.4. Resultados de las emisiones de NO_2 en comparación con el valor normado



Fuente: CODESA, 2015.

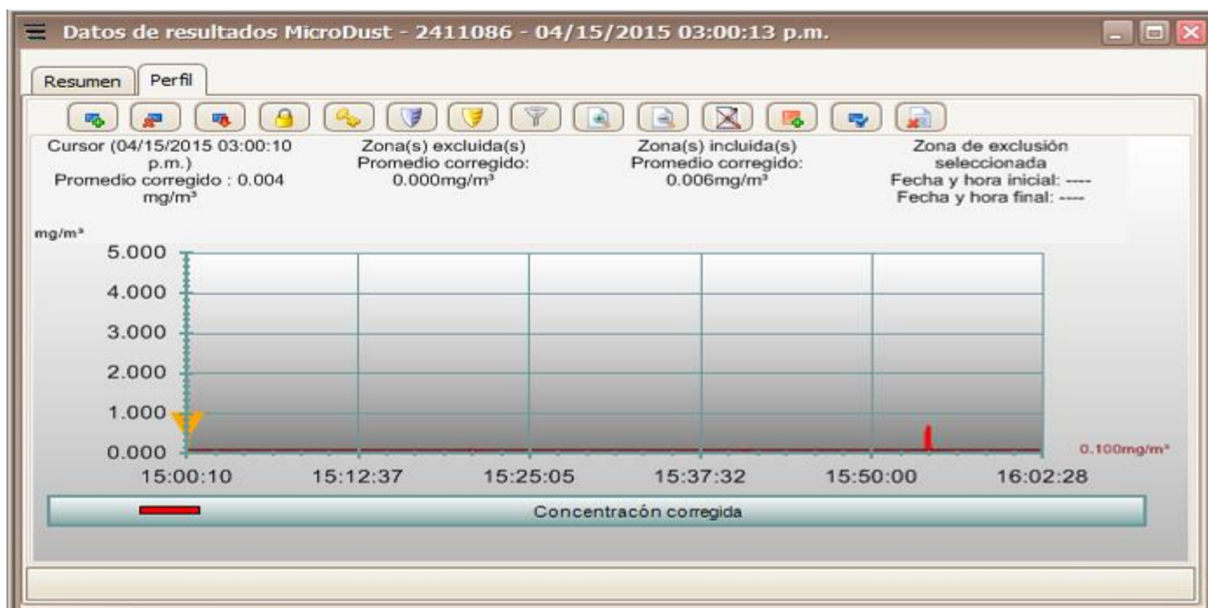
2.2.6. DISCUSIÓN

2.2.6.1 Partículas menores a diez micrómetros (PM_{10})

En el área Túnel de Decantación (Decant Tunnel), la medición registró un valor promedio corregido de 0.006 mg/m^3, el cual se encuentra por debajo del valor establecido en el Reglamento Técnico DGNT-COPANIT 43-2001 para cortos periodos de medición (10 mg/m^3) (ver gráfica 2.2.5 e imagen 2.2.1).

Durante la medición se observó el paso de los camiones articulados y pala hidráulica (ver imagen 2.2.2).

Gráfica 2.2.5. Data generada durante 1 hora de monitoreo en el área Túnel de Decantación (Decant Tunnel),



Fuente: Datos del software. CODESA, 2015.



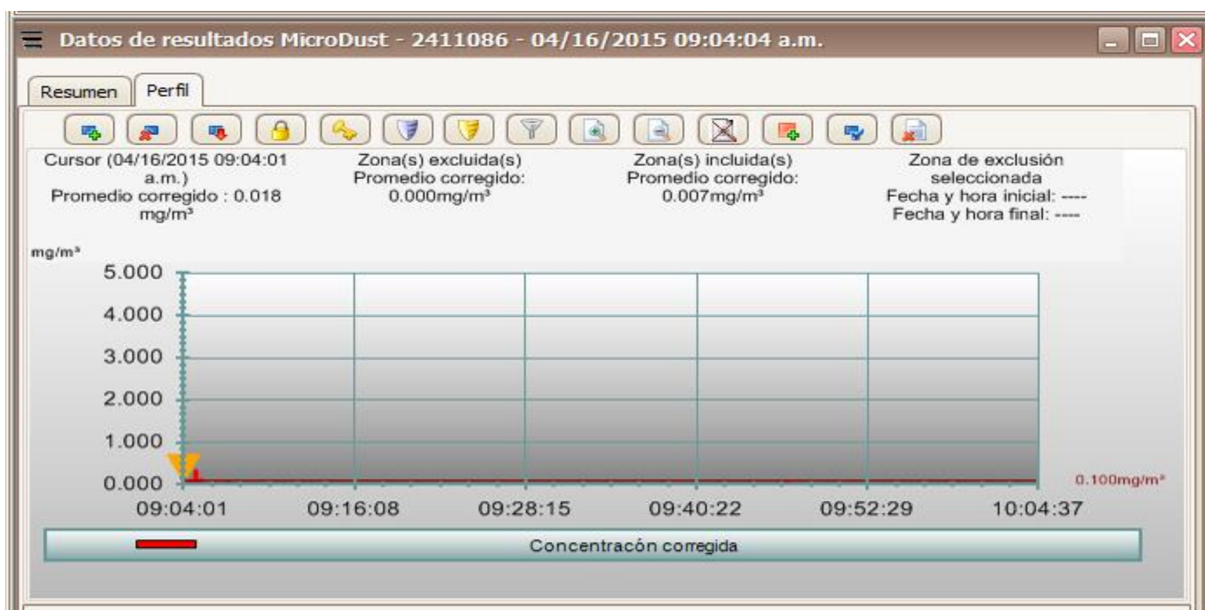


Imágenes 2.2.1 y 2.2.2. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) y fuentes generadoras de partículas en el área del Túnel de Decantación (983241 N/ 535040 E)

La concentración de partículas en el área de Plataforma de Trituración-Mina fue de 0.007 mg/m^3, valor inferior a la concentración máxima que permite el Reglamento Técnico DGNT-COPANIT 43-2001 (ver gráfica 2.2.6 e imagen 2.2.3).

Las fuentes generadoras de partículas en este monitoreo fue el paso de vehículos livianos y la trituración de piedras (ver imagen 2.2.4).

Gráfica 2.2.6. Data generada durante 1 hora de medición en Plataforma de Trituración-Mina



Fuente: Datos del software. CODESA, 2015.





Imágenes 2.2.3 y 2.2.4. Monitoreo de calidad de aire (PM_{10}) y fuente generadora de partículas en la Plataforma de Trituración-Mina (978218 N/ 539583 E)

Durante el monitoreo realizado en el área de Cantera Botija (ver gráfica 2.2.7), el valor promedio fue de 0.011 mg/m^3, valor que no sobrepasa el límite máximo establecido en el Reglamento Técnico 43-2001.

En esta área se identificaron como fuentes generadoras de partículas el cargador frontal y la planta de trituración (ver imágenes 2.2.5 y 2.2.6).

Gráfica 2.2.7. Data generada durante 1 hora de medición en Cantera Botija



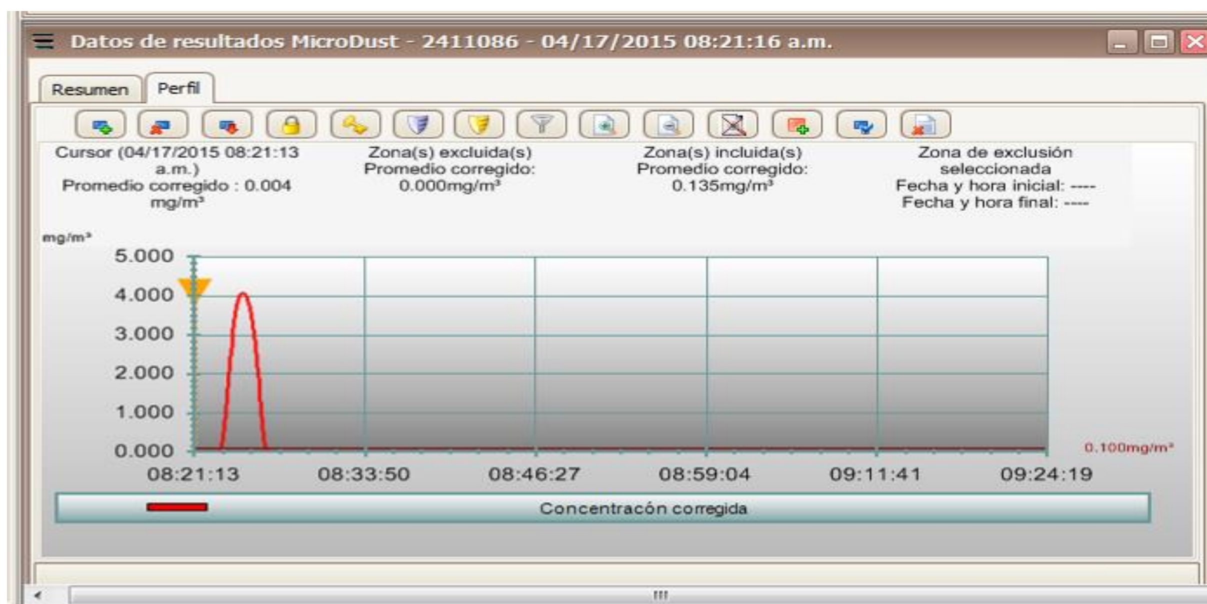
Fuente: Datos del software. CODESA, 2015.



Imágenes 2.2.5 y 2.2.6. Fuentes generadoras de partículas en Cantera Botija
(978218 N/ 539583 E)

En el área del Rompeolas el valor registrado fue 0.135 mg/m^3; ésta data es inferior al límite máximo permisible que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43- 2001 (ver gráfica 2.2.8). En esta área se identificaron como fuentes generadoras de partículas el paso de camiones articulados, equipo pesado y vehículos livianos (ver imágenes 2.2.7 y 2.2.8).

Gráfica 2.2.8. Data generada durante 1 hora de medición en Rompeolas



Fuente: Datos del software. CODESA, 2015.

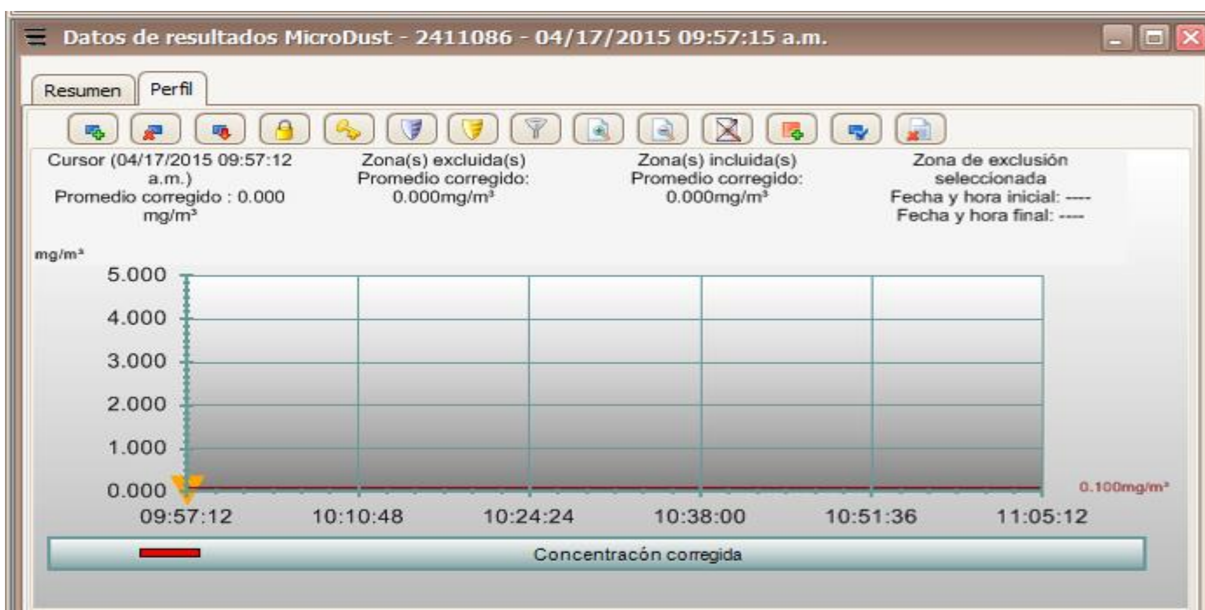


Imágenes 2.2.7 y 2.2.8. Monitoreo de Calidad de Aire (PM_{10}) y fuentes generadoras de partículas en el Rompeolas (996871 N/ 533655 E)

La concentración de partículas menores a 10 micrómetros en el área de Planta de Generación Eléctrica, presentó un valor N.D (No Detectable) , por lo que se encuentra por debajo del valor máximo establecido en Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43- 2001, para cortos periodos de medición (10 mg/m^3) (ver gráfica 2.2.9 e imagen 2.2.9).

Las fuentes generadoras de partículas en este sitio fueron los camiones articulados y vehículos particulares (ver imagen 2.2.10).

Gráfica 2.2.9. Data generada durante 1 hora de medición en Planta de Generación Eléctrica



Fuente: Datos del software. CODESA, 2015.





Imágenes 2.2.9 y 2.2.10. Monitoreo de Calidad de Aire (PM_{10}) y fuentes generadoras de partículas en la Planta de Generación Eléctrica (996554 N/ 534223 E)

2.2.6.2. Emisiones Gaseosas (NO2, SO2 y CO)

En el área del Túnel de Decantación (Decant Tunnel), los valores de CO, SO_2 y NO_2 son N.D (No Detectables). Las fuentes generadoras de emisiones es el tránsito de camiones articulados, pala hidráulica y vehículos livianos (ver imágenes 2.2.11 y 2.2.12).





Imágenes 2.2.11 y 2.2.12. Monitoreo y fuentes de emisiones gaseosas en el área de Túnel de Decantación (Decant Tunnel) (983241 N/ 535040 E)

El valor de NO_2 no sobrepasa el límite máximo que establece el reglamento de referencia; mientras que los valores de CO y SO_2 fueron N.D (No Detectables) en el área de la Plataforma de Trituración-Mina.

Durante la medición se observó como principal fuente de emisiones, el motor de la trituradora (ver imágenes 2.2.13 y 2.2.14).





Imágenes 2.2.13 y 2.2.14. Monitoreo y fuente generadora de emisiones gaseosas en la Plataforma de Trituración-Mina (978218 N/ 539583 E)

En el área de la Plataforma de Trituración-Puerto, el valor de CO (1.4 ppm) se encuentra por debajo del límite que establece la norma de referencia; mientras que los valores de SO_2 y NO_2 fueron N.D. (No Detectable). Durante el monitoreo se observaron como fuentes de emisiones los generadores eléctricos de las trituradoras, paso de equipo pesado y vehículos livianos (ver imágenes 2.2.15 y 2.2.16).



Imágenes 2.2.15 y 2.2.16. Monitoreo y fuentes generadoras de emisiones gaseosas en Plataforma de Trituración-Puerto (995941 N/ 533848 E)

La generación de emisiones de CO y SO_2 en el área de Sitio Planta (Plant Site) no sobrepasa el límite máximo que establece el reglamento de referencia; mientras que para NO_2 fue N.D. (No Detectable). La fuente generadora de emisiones es el paso de camiones articulados y equipo pesado en el Camino a la Costa (ver imágenes 2.2.17 y 2.2.18).





Imágenes 2.2.17 y 2.2.18. Monitoreo de emisiones gaseosas en el área de Sitio Planta (Plant Site) (978884 N/ 539315 E)

La concentración de CO y SO_2 en el área de Planta de Generación Eléctrica, se encuentra por debajo del límite máximo que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001; mientras que el valor de NO_2 fue N.D (No Detectable). La fuente generadora de emisiones es el tránsito de camiones y vehículos livianos (ver imágenes 2.2.19 y 2.2.20).





Imágenes 2.2.19 y 2.2.20. Monitoreo y fuentes generadoras de emisiones en el área de la Planta de Generación Eléctrica (996859 N/ 533793 E)

2.2.7. CONCLUSIÓN

Los resultados de las mediciones de Partículas menores de 10 micras (PM_{10}) y Emisiones Gaseosas (CO, NO_2 y SO_2) que se realizaron en diversas zonas del Proyecto “Mina de Cobre Panamá”, indican que las concentraciones de estas partículas cumplen con los requisitos que establece el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 43-2001.

2.2.8. RECOMENDACIONES

- Mantener de forma periódica las capacitaciones de salud y seguridad ocupacional en el tema de equipos de protección respiratoria.
- Continuar con el mantenimiento y la evaluación periódica de los equipos y las maquinarias que se utilizan en el Proyecto.
- Seguir con la implementación de las medidas para el control del polvo (Camiones cisternas) en las áreas donde se requiera.
- Continuar con los monitoreos de emisiones y partículas que brindan información sobre la calidad de aire en el área del Proyecto.

2.2.9. BIBLIOGRAFÍA

- BM (Banco Mundial). 2007. Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el sector minero. Corporación Financiera Internacional del BM. 40 p.
- Echeverri L, CA; Maya V, GJ. 2008. Relación entre las Partículas finas ($PM_{2.5}$ y respirables (PM_{10}) en la ciudad de Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia. Vol. 7, No. 12, pág. 23-42.
- Henry, JG; Heinke, GW. 1999. Ingeniería Ambiental. 2da. Edición. Pearson Prentice Hall, México. 788 p.
- MICI - DGNTI (Ministerio de Comercio e Industrias - Dirección General de Normas y Tecnología Industrial). 2001. Reglamento Técnico DGNT-COPANIT 43-2001. Higiene y seguridad industrial. Condiciones de higiene y seguridad para el control de la

contaminación atmosférica en ambientes de trabajo producida por sustancias químicas. República de Panamá.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Las directrices sobre la calidad del aire en la protección de la Salud Pública. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html.

Anexos

Anexo 2.2.1

Data Generada por el Equipo de Medición

Partículas menores a diez micrómetros (PM_{10})

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Túnel de Decantación (Decant Tunnel)

Datos de resultados MicroDust - 2411086 - 04/15/2015 03:00:13 p.m.

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	04/15/2015 03:00:13 p.m.
Duración HH:MM:SS	01:02:12
Notas	Decanted Tunnel
Promedio corregido	0.006 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.814 mg/m³ 04/15/2015 03:54:00 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 04/15/2015 03:00:25 p.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Plataforma de Trituración-Mina

Datos de resultados MicroDust - 2411086 - 04/16/2015 09:04:04 a.m.

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	04/16/2015 09:04:04 a.m.
Duración HH:MM:SS	01:00:30
Notas	Plataforma de Trituración Mina (Batch Plant-Mina)
Promedio corregido	0.007 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.756 mg/m³ 04/16/2015 09:04:49 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 04/16/2015 09:05:34 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Cantera Botija

Datos de resultados MicroDust - 2411086 - 04/16/2015 01:57:18 p.m.

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	04/16/2015 01:57:18 p.m.
Duración HH:MM:SS	00:59:36
Notas	Cantera Botija
Promedio corregido	0.011 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.347 mg/m³ 04/16/2015 02:49:01 p.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 04/16/2015 01:57:18 p.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Rompeolas

Datos de resultados MicroDust - 2411086 - 04/17/2015 08:21:16 a.m.

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	04/17/2015 08:21:16 a.m.
Duración HH:MM:SS	01:03:00
Notas	Acceso a rompeolas
Promedio corregido	0.135 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	4.107 mg/m³ 04/17/2015 08:24:49 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 04/17/2015 08:21:28 a.m.
Corrección aplicada	No

Resultado del monitoreo de PM_{10}– Planta de Generación Eléctrica

Datos de resultados MicroDust - 2411086 - 04/17/2015 09:57:15 a.m.

Resumen | Perfil

Número serie	2411086
Fecha y hora inicial	04/17/2015 09:57:15 a.m.
Duración HH:MM:SS	01:07:54
Notas	Power Plant (Planta de Generación Eléctrica)
Promedio corregido	0.000 mg/m³
Máximo corregido (con hora)	0.037 mg/m³ 04/17/2015 09:57:37 a.m.
Mínimo corregido (con hora)	0.000 mg/m³ 04/17/2015 09:57:15 a.m.
Corrección aplicada	No

Emisiones Gaseosas (NO_2, SO_2 y CO)

Resultado del monitoreo de CO y NO_2 – Túnel de Decantación (Decant Tunnel)

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	NO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	1.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	1.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	1.0	-----	-----

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	NO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Valor de datos pico:	0.0	0.4	0.6	0.0	20.9
Valor de datos mínimos:	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6
Valor de datos TWA:	0.0	0.0	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	0.0	0.0	0.1	-----	-----

Resultado del monitoreo de SO_2 – Túnel de Decantación (Decant Tunnel)

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	SO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	2.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	5.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	2.0	-----	-----

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	SO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Valor de datos pico:	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3
Valor de datos mínimos:	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4
Valor de datos TWA:	0.0	0.0	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	0.0	0.0	0.0	-----	-----

Resultado del monitoreo de CO y SO_2 – Plataforma de Trituración-Mina

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	SO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	2.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	5.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	2.0	-----	-----

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	SO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Valor de datos pico:	2.1	0.6	0.0	0.0	20.9
Valor de datos mínimos:	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6
Valor de datos TWA:	0.0	0.0	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	0.0	0.2	0.0	-----	-----

Resultado del monitoreo de NO_2 – Plataforma de Trituración-Mina

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	NO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	1.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	1.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	1.0	-----	-----

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	NO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Valor de datos pico:	9.6	0.4	1.3	0.0	20.9
Valor de datos mínimos:	0.0	0.0	0.2	0.0	20.2
Valor de datos TWA:	0.3	0.0	0.1	-----	-----
Valor de datos medios:	2.5	0.1	0.9	-----	-----

Resultado del monitoreo de CO y NO_2 – Plataforma de Trituración-Puerto

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	NO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	1.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	1.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	1.0	-----	-----
Sensor:	**CO(ppm)**	**VOC(ppm)**	**NO2(ppm)**	**LEL(%)**	**OXY(%)**
Valor de datos pico:	10.0	3.3	0.0	0.0	20.7
Valor de datos mínimos:	10.9	3.3	0.0	0.0	20.7
Valor de datos TWA:	1.4	0.4	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	10.9	3.3	0.0	-----	-----

Resultado del monitoreo de SO_2 – Plataforma de Trituración-Puerto

Sensor:	CO(ppm)	VOC(ppm)	SO2(ppm)	LEL(%)	OXY(%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	2.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	5.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	2.0	-----	-----
Sensor:	**CO(ppm)**	**VOC(ppm)**	**SO2(ppm)**	**LEL(%)**	**OXY(%)**
Valor de datos pico:	10.9	3.3	0.0	0.0	20.7
Valor de datos mínimos:	10.9	3.3	0.0	0.0	20.7
Valor de datos TWA:	1.4	0.4	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	10.9	3.3	0.0	-----	-----

Resultado del monitoreo de CO y SO_2 – Sitio Planta (Plant Site)

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	SO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	2.0	10.0	
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	5.0	-----	
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	2.0	-----	
Sensor:	**CO (ppm)**	**VOC (ppm)**	**SO2 (ppm)**	**LEL (%)**	**OXY (%**
Valor de datos pico:	1.3	0.1	0.9	0.0	20
Valor de datos mínimos:	0.4	0.0	0.9	0.0	
Valor de datos TWA:	0.1	0.0	0.1	-----	---
Valor de datos medios:	0.8	0.0	0.9	-----	

Resultado del monitoreo NO2 – Sitio Planta (Plant Site)

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	NO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	1.0	10.0	
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	1.0	-----	
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	1.0	-----	
Sensor:	**CO (ppm)**	**VOC (ppm)**	**NO2 (ppm)**	**LEL (%)**	**OXY (%**
Valor de datos pico:	1.1	0.0	0.0	0.0	20
Valor de datos mínimos:	0.4	0.0	0.0	0.0	
Valor de datos TWA:	0.1	0.0	0.0	-----	---
Valor de datos medios:	0.8	0.0	0.0	-----	

Resultado del monitoreo de CO y SO2 – Planta de Generación Eléctrica

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	SO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	2.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	5.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	2.0	-----	-----

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	SO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%)
Valor de datos pico:	0.8	0.2	0.9	0.0	20.5
Valor de datos mínimos:	0.3	0.0	0.8	0.0	20.4
Valor de datos TWA:	0.1	0.0	0.1	-----	-----
Valor de datos medios:	0.6	0.0	0.9	-----	-----

Resultado del monitoreo de NO2 – Planta de Generación Eléctrica

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	NO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%)
Nivels de alarma alto:	200.0	100.0	10.0	20.0	23.5
Nivel de alarma bajos:	35.0	50.0	1.0	10.0	19.5
Nivels de alarma STEL:	100.0	25.0	1.0	-----	-----
Niveles de alarma TWA:	35.0	10.0	1.0	-----	-----

Sensor:	CO (ppm)	VOC (ppm)	NO2 (ppm)	LEL (%)	OXY (%)
Valor de datos pico:	1.2	0.0	0.0	0.0	20.9
Valor de datos mínimos:	0.5	0.0	0.0	0.0	20.5
Valor de datos TWA:	0.1	0.0	0.0	-----	-----
Valor de datos medios:	0.9	0.0	0.0	-----	-----

Anexo 2.2.2

Extracto de la Norma para Calidad de Aire en Panamá

GACETA OFICIAL

ORGANO DEL ESTADO

AÑO XCVII | PANAMÁ, R. DE PANAMÁ JUEVES 17 DE MAYO DE 2001 | Nº 24,303

CONTENIDO

MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS
DIRECCION GENERAL DE NORMAS Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
RESOLUCION Nº 124
(De 20 de marzo de 2001)
"APROBAR EL REGLAMENTO TECNICO DGNTI-COPANIT 43-2001 HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL." .... PAG. 1

AUTORIDAD DEL TRANSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE
RESOLUCION Nº 09 JD-A.T.T.T.
(De 14 de mayo de 2001)
"SE APRUEBA EL ACUERDO SUSCRITO ENTRE LOS REPRESENTANTES DEL CONSEJO NACIONAL DE TRABAJADORES ORGANIZADOS (CONATO), LA CAMARA NACIONAL DE TRANSPORTE (CANATRA) Y REPRESENTANTES DEL GOBIERNO NACIONAL, EL DIA 14 DE MAYO DE 2001." .... PAG. 44

AVISOS Y EDICTOS .... PAG. 45

MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS
DIRECCION GENERAL DE NORMAS Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
RESOLUCION Nº 124
(De 20 de marzo de 2001)

MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS
DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS Y TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

REGLAMENTO TÉCNICO
DGNTI – COPANIT 43 – 2001

HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL
CONDICIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD
PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA EN AMBIENTES DE TRABAJO
PRODUCIDA POR SUSTANCIAS QUÍMICAS.

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMASY TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (DGNTI)
Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas (COPANIT)
APARTADO POSTAL 9658 Zona 4, Rep. de Panamá.

Nº 24,303 Gaceta Oficial, jueves 17 de mayo de 2001 31

COMPUESTOS QUIMICOS	CPT		CCT		CANCERIGENO
	ppm	mg/m³	ppm	mg/m³	
2-Nitropropano	10	36	25	90	Nausea, diarrea, dolores de cabeza
Partículas de Ninguna Manera Regulada (Fracción Respirable)	.	5	.	10	
Partículas de Ninguna Manera Regulada (Polvo Total)	.	10	.	15	
Monóxido de Carbono	25	29	50	55	
Dióxido de Nitrógeno	3	5	5	10	No Clasificable (Apéndice 4A)
Dióxido de Sulfuro	2	5	5	13	No Clasificable (Apéndice 4A)
[illegible]	.	5	.	15	No Clasificable (Apéndice 4A)

Anexo 2.2.3

Certificados de calibración de los equipos de medición

Certificados de Calibración de los Equipos de Medición de PM_{10}

CASELLA CEL

Certificate of Conformity and Calibration

Instrument Type:- **Microdust Pro (Standard Range: 0-2.5, 0-25, 0-250, 0-2500mg/m3)**
Serial Number **2411086**

Calibration Principle:-

Calibration is performed using ISO 12103 Pt1 A2 Fine test dust *(Natural ground mineral dust, predominantly silica, Arizona Road Dust equivalent, Particle size range 0.1 to 80 µm).*

A Wright Dust feeder system is used to inject and disperse calibration dust within a wind tunnel system. Particulate mass concentration is established using isokinetic sampling and gravimetric methods.

Test Conditions:-

23.9 °C
35 %RH

Test Engineer:- C Tompkins
Date of Issue:- November 3, 2014

Equipment:-

Microbalance:- Cahn C-33 Sn 75611
Air Velocity Probe:- DA40 Vane Anemo. Sn 10060
Flow Meter:- BGI TriCal EQ10851

Calibration Results Summary:-

Applied Concentration	Indication	Error	
6.11 mg/m^3	6.30	3%	*Target Error <15%*

Declaration of conformity:-

This test certificate confirms that the instrument specified above has been successfully tested to comply with the manufacturer's published specifications. Tests are performed using equipment traceable to national standards in accordance with Casella's ISO 9001:2008 quality procedures. This product is certified as being compliant to the requirements of the CE Directive.

Casella CEL (U.K.)
Regent House
Wolseley Road
Kempston
Bedford
MK42 7JY
Phone: +44 (0) 1234 844100
Fax:- +44(0) 1234 841490
E-mail: info@casellacel.com
Web: www.casellacel.com

Casella USA
17 Old Nashua Road #15
Amherst
NH 03031-2839
U.S.A.
Toll Free: +1 (800) 366 2966
Fax +1 (603) 672 8053
E-mail: info@casellaUSA.com
Web: www.casellaUSA.com

Casella España S.A.
Polígono Európolis
Calle C, nº4B
28230 Las Rozas - Madrid
Phone: + 34 91 640 75 19
Fax:- + 34 91 636 01 96
E-mail: online@casella-es.com
Web: www.casella-es.com

Certificados de Calibración de los Equipos de Medición de CO, SO_2 y NO_2

Certificate of Calibration

The following instrument

Model PGM-5020, AreaRAE
Serial No. 292-503747
has been calibrated using gases that are traceable to N.I.S.T. standards.

After calibration, the instrument was re-checked with the calibration gases and given the results shown on the table.

Sensor	Test Gas Concentration	Gas Lot #	Reading
PID	Isobutylene 100 ppm (±2%)	93062	100
LEL	50% LEL (±5%)	1586073	49
O2	0% (pure N_2)	167UTC4765A234SCF	0.0
CO	50ppm (±5%)	1586073	50
NO2	5 ppm (±5%)	1675288	4.9
Wireless			Pass

Calibration date: 9-26-2014

Calibrated by: Louis Le

RAE Systems, Inc.

RAE SYSTEMS

Anexo 2.2.4
Cadenas de Custodia